Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile, 41: 105-116 (1988)

# CONDICIONES PALEOCLIMATICAS PARA EL CARBONIFERO SUPERIOR Y PERMICO INFERIOR EN LA MITAD AUSTRAL DE AMERICA DEL SUR*

REYNALDO CHARRIER
Departamento de Geología y Geofísica, Universidad de Chile; Casilla 13518 - Correo 21, Santiago de Chile.

## RESUMEN

En el Paleozoico Superior de la mitad austral de América del Sur existieron tres áreas elevadas principales: La Protoprecordillera, el Alto de Asunción, y la actual región costera de Uruguay y de la provincia de Buenos Aires. La Protoprecordillera, ubicada a lo largo del borde occidental del continente de Gondwana y extendiéndose, por lo menos, desde la parte sur de Bolivia hasta el extremo sur del continente, representó la fuente principal de los depósitos acumulados en las cuencas intramontanas continentales y las cuencas marinas adyacentes: el mar de *Septosyringothyris*, al Oeste, la cuenca Chaco-Mesopotámica, al Este, y la cuenca de Salta-Bolivia, al Noroeste. El Alto de Asunción, ubicado en la región nororiental Argentina y en Paraguay, tuvo una extensión más reducida y separó las cuencas Chaco-Mesopotámica y Salta-Bolivia, ubicadas a su lado occidental, de la cuenca de Paraná, ubicada a su lado oriental. El área elevada que existía a lo largo de la región costera de Uruguay y de la provincia de Buenos Aires limitó por el Este la cuenca de Paraná.

La Formación El Toco, las brechas de la región costera del Norte Chico y la Formación La Caleta, consideradas originalmente como de origen glacial, no tienen edades que permitan asignarles tal origen asociado a la glaciación gondwánica o bien no presentan rasgos glaciales típicos. Se requiere de más estudios para definir la edad y origen de las diamictitas de Puchuncaví.

Los antecedentes paleomagnéticos disponibles para América del Sur permiten deducir que: 1) Durante el Paleozoico Superior, Chile Central y la parte Occidental de Argentina estuvieron ubicados a distancias mayores que 30° de latitud del Polo Sur; 2) Durante el Carbonífero Inferior y Medio la actual costa chilena tuvo una orientación aproximadamente E-W y durante el Carbonífero Superior y Pérmico Inferior, una orientación NE-SW. La sóla proximidad de estas áreas al Polo Sur paleozoico no demuestran que en ellas debió existir una glaciación. Los restos faunísticos y florísticos del Paleozoico Superior sugieren la existencia de climas húmedos, moderados a fríos, con variaciones climáticas estacionales, pero no polares.

Sobre la base de este marco paleogeográfico es posible postular la existencia de glaciaciones de montaña en la Protoprecordillera y en el Alto de Asunción. El borde oriental de la cuenca de Paraná y parte de ella estuvo cubierta por el borde de una calota glaciar cuyo centro se encontraba en la actual Africa del Sur. Estas glaciaciones alpinas y polares son las responsables de la abundancia de depósitos diamícticos conocidos

*Esta publicación es la contribución N° 710 del Departamento de Geología de la Universidad de Chile

en el Paleozoico Superior de América del Sur. La Protoprecordillera constituyó una barrera para los vientos húmedos oceánicos del Oeste y separó, en consecuencia, dos dominios climáticos: uno más benigno y lluvioso, en la región costera, y otro más seco de tipo continental, hacia el este. No hay evidencia que apoye la existencia de tierras emergidas en el mar de *Septosyringothyris* o a lo largo de la actual cordillera de la Costa Chilena.

La existencia de estas cubiertas glaciales en el Paleozoico Superior en la parte Sur de América del Sur se puede atribuir, en consecuencia a dos factores principales: el movimiento relativo del continente de Gondwana y del Polo Sur, y la existencia de áreas elevadas. Se descarta, por lo tanto, una glaciación polar regional para la actual región occidental de América del Sur.

## ABSTRACT

During the Late Paleozoic three main elevated areas can be recognized in southern South America: The Protoprecordillera, the Asuncion Height and the present coastal area of Uruguay and of the Buenos Aires Province. The Protoprecordillera, located along the western margin of Gondwana and extending at least from present southern Bolivia to the tip of the continent, represented a major source for clastic deposits accumulated in continental intramontane and adjacent marine basins: the *Septosyringothyris* Sea to the west, the Chaco - Mesopotamia basin to the east and the Salta - Bolivia basin to the northeast. The Asuncion Heigth located in present northeastern Argentina and Paraguay had a more reduced extension and separated the Chaco - Mesopotamia and the Salta - Bolivia basins to the west from the Paraná Basin to the east. The elevated area along the coastal area of Uruguay and the Buenos Aires Province bounded the Paraná Basin to the East.

The breccia deposits along the north-central Chilean coast and the El Toco and La Calera Formations, originally considered to be of glacial origin, have no typical glacial features and no similarities with the Gondwanan glacial deposits in Argentina, Bolivia and Brazil. These two formations have ages that preclude a glacial origin related to the Gondwana Glaciation. Further studies are needed to define the age and origin of the diamictites of Puchuncaví.

The available paleomagnetic data for South America indicate that: 1) During the Late Paleozoic central Chile and western Argentina were located at distances greater that 30$^{o}$ latitude from the South Pole; 2) During the Early and Middle Carboniferous the present Chilean coast had an approximately E-W orientation and during the Late Carboniferous and Early Permian, a NE-SW orientation. The proximity of these areas to the Late Paleozoic South Pole do not demonstrate the existence of a glaciation. The Late Paleozoic fossil faunal and floral evidence suggest general moderate to cold, but not polar, humid climates with seasonal variations.

On the basis of this paleogeographic setting, mountain glaciatons can be postulated for the Protoprecordillera and the Asuncion Height. The east margin of the Paraná Basin and part of it was covered by the margin of a polar ice calotte centered in present South Africa. These glaciations are responsible for the existence of abundant diamictite deposits known in the Late Paleozoic of southern South America. The Protoprecordillera formed a barrier for the humid oceanic westerly winds and separated two main climatic domains: a milder, rainy coastal domain and a more dry, continental-type easter domain. There is no evidence supporting the existence of a land emerging from the *Septosyringothyris* Sea along the present Chilean coastal area.

The existence of Late Paleozoic glacial covers in southern South America can be attributed to two main factors: the relative movement of Gondwana and the South Pole, and the existence of the mentioned elevated areas. The existence of a regional polar glaciation is thus, rejected for the western part of southern South America.

## INTRODUCCION

La Paleoclimatología es una disciplina que ha encontrado escaso eco en el medio geológico chileno. Aparte de menciones esporádicas respecto a las condiciones climáticas que dieron lugar al desarrollo de ciertas faunas fósiles, prácticamente no existen estudios orientados específicamente a la deducción de las condiciones paleoclimáticas imperantes en períodos geológicos anteriores al Cuaternario. Los estudios de paleoclimatología requieren de antecedentes proporcionados por numerosas otras ramas de las Ciencias de la Tierra como la Paleogeografía, el Paleomagnetismo, la Sedimentología, la Paleoecología, etc. y, por lo tanto, es ésta una disciplina integradora. Como muchos otros campos de la Geología, tiene la Paleoclimatología una estrecha relación con la Geografía, considerada esta última en un sentido amplio. Es por ello que el autor ha pensado que el tema aquí tratado se presta para este volumen editado en homenaje al Maestro Don Humberto Fuenzalida Villegas, un geógrafo de profesión y un geólogo por vocación, que siempre buscó el acercamiento entre esas dos especialidades.

A continuación se presenta una síntesis de los antecedentes paleogeográficos y de las conclusiones paleoclimáticas obtenidas recientemente por el autor, las cuales fueron presentadas separadamente en trabajos anteriores (Charrier, 1982, 1986).

Desde las primeras referencias respecto a la existencia de depósitos de posible origen glacial en América del Sur (White, 1907), las evidencias en favor de una Glaciación Gondwánica en este continente han aumentado considerablemente. Depósitos de origen glacial y de edad paleozoica superior se han señalado en casi todos los países de la mitad austral de América del Sur. En la Cuenca de Paraná, éstos son tan abundantes y característicos (Rocha-Campos, 1967, 1972; Rocha-Campos *et al.*, 1968, 1969, 1976), que la existencia de una Glaciación Gondwánica parece no admitir discusión. En otras regiones de la mitad austral de América del Sur la situación no es tan clara y en muchos casos no es seguro: 1) si las evidencias realmente corresponden o no a depósitos o rasgos de origen glacial, y, en caso de serlo 2) si son productos de una glaciación polar (Gondwánica) o de una glaciación de montaña (Frakes y Crowell, 1969). Esta es una situación que dificulta la determinación de la extensión que alcanzaron los hielos de esa glaciación en el continente.

Sucesivos estudios realizados en los depósitos chilenos, que anteriormente fueron interpretados como de origen glacial asociado a la mencionada glaciación, permiten descartar definitivamente ese origen (Maass, 1970; Miller, 1970; Cecioni, 1981 a, b, c; Charrier, 1982, 1986; Charrier y Castro, en prep.). Los depósitos de brecha conocidos a lo largo de la costa del Norte Chico, originalmente considerados de origen glaciar, no tienen rasgos característicos de ese tipo de depósitos, ni semejanzas sedimentológicas y de fábrica con los depósitos de origen glacial conocidos en Argentina, Bolivia y Brasil (Charrier, 1982, 1986; Charrier y Castro, en prep.). Estos podrían tener (ver discusión en Charrier, 1986): 1) una edad paleozoica superior y corresponder, en cambio, a depósitos subacuáticos, posiblemente marinos, sintectónicos, acumulados en una cuenca de ante arco, 2) tener una edad triásica y corresponder a detritos que recubren una superficie de erosión formada a fines del Paleozoico o a comienzos del Mesozoico, o, 3) a depósitos de acantilado. Los depósitos de la Formación El Toco, conocidos en la Cordillera de la Costa de la Región de Antofagasta, y de la Formación La Caleta, que afloran a lo largo de la costa en el sector de Los Molles, en el Norte Chico, tienen edades que excluyen una relación con la Glaciación Gondwánica y características sedimentológicas que descartan un origen glacial. En relación con las diamictitas de Puchuncaví, referidas por Thomas (1958, p. 16 y 19), se requiere de más estudios para precisar su edad y definir su origen. Estos antecedentes y el desconocimiento de otros depósitos chilenos de edad paleozoica superior que pudiesen tener un origen

asociado a algún tipo de glaciación orientan a pensar que en la región más occidental de la mitad austral de América del Sur no se habría verificado actividad glacial en esa época.

La ausencia de glaciación en esta región limitaría, sin duda, la extensión que tuvieron los hielos durante el Paleozoico Superior, pero no excluyen su existencia. Con el fin de determinar la extensión de la cobertura glaciar y analizar las condiciones paleoclimáticas para el Carbonífero Superior y Pérmico Inferior de la mitad austral de América del Sur se requiere, además, de antecedentes paleogeográficos derivados de estudios de paleomagnetismo, paleoclimáticos basados en los organismos fósiles encontrados en depósitos de esa edad y de una reconstrucción paleogeográfica, que permita reconocer la distribución de las áreas emergidas y elevadas y de las regiones que estuvieron recubiertas por el mar. Estos antecedentes se discuten a continuación.

## ANTECEDENTES BASADOS EN ESTUDIOS PALEOMAGNETICOS

La curva de desplazamiento polar para América del Sur, elaborada por Valencio y Vilas (1969) y Vilas y Valencio (1978), se ubica al Este de la actual América del Sur y tiene una orientación fundamentalmente meridional (Fig. 1). Este desplazamiento indica que el polo sur tuvo diferentes ubicaciones sucesivas dentro del antiguo continente de Gondwana en posiciones que actualmente corresponden a Africa. Esta trayectoria permite reconocer los siguientes hechos de interés paleoclimático para la mitad austral de América del Sur:

a) El momento en que esta región estuvo más cercana al Polo fue el período comprendido entre el Carbonífero Inferior y el Carbonífero Superior.

b) El alejamiento del Polo de la actual región chilena y oriental de Argentina debió ser siempre mayor que 30° y, por lo tanto, habría estado siempre a menos de 60° de latitud sur; la región oriental de Argentina y la región brasileña alcanzaron, en cambio, a encontrarse a latitudes mayores que 60°.

c) La actual costa pacífica de la mitad austral del continente debió tener en el Carbonífero Inferior una orientación aproximada Este-Oeste, y

d) En el Carbonífero Superior y en el Pérmico Inferior el continente se alejó gradualmente del Polo y la costa adquirió, también gradualmente, una orientación NE-SW.

Sobre la base de lo anterior se puede establecer las siguientes conclusiones:

1. En el Carbonífero y el Pérmico más inferior el clima de la región occidental de la mitad sur del continente debió ser frío, sin ser polar; en la región más oriental el clima debió ser frío con características polares.

2. Entre el Devónico y el Carbonífero Inferior debió producirse un enfriamiento gradual del clima, mientras que entre este último período y el Carbonífero Superior-Pérmico más inferior la situación debe haber sido inversa; este mejoramiento climático se continuó más allá del Jurásico.

3. Aplicando un criterio actualista para la circulación atmosférica de esa época y admitiendo la existencia, en aquel entonces, de un océano adyacente al borde "pacífico" del continente de Gondwana se puede admitir, en consideración a las orientaciones que tuvo ese borde continental, que la actual región occidental de la mitad austral

de América del Sur recibió, por su posición cercanamente E–W en el Carbonífero Inferior, y NE–SW en el Carbonífero Superior-Pérmico, una fuerte influencia de vientos marinos húmedos.

4. En el Carbonífero Superior se habría producido ya una diferenciación climática a lo largo del continente, debido a su orientación más cercana a la dirección N–S, es decir, que habrían existido condiciones climáticas más frías hacia el sur.

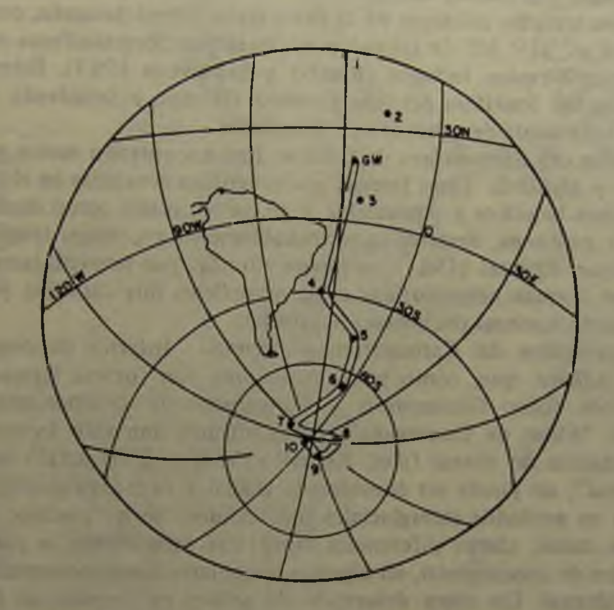



Fig. 1: Polos sur paleomagnéticos y curva de desplazamiento polar para América del Sur. Los paralelos y meridianos corresponden al sistema actual de latitud y longitud. Ubicación de polos sur: 1. Cámbrico, 2. Silúrico, 3. Devónico, 4. Carbonífero Inferior, 5. Carbonífero Superior, 6. Pérmico Inferior, 7. Pérmico Superior y Triásico Inferior, 8. Cretácico medio, 9. Cuaternario, 10. Presente. GW: Polo sur medio para el Gondwana. Basado en Valencio y Vilas (1969) y Vilas y Valencio (1978).

## ANTECEDENTES PALEOCLIMATICOS BASADOS EN LA PRESENCIA DE ORGANISMOS FOSILES

Los restos de organismos fósiles, tanto invertebrados como vegetales, colectados en los depósitos del Paleozoico Superior en Chile y Argentina no permiten deducir de manera precisa las condiciones climáticas imperantes en esa época. Las consideraciones que se exponen a continuación son, sin embargo, de interés para cualquier intento de reconstrucción paleoclimática para ese período.

La presencia de fusulínidos macrosféricos del Carbonífero Superior y Pérmico Inferior en las calizas del archipiélago Madre de Dios en Chile austral, a 50° de latitud sur (Cecioni 1955), ha sido considerada durante mucho tiempo como una prueba en favor de la existencia de condiciones climáticas cálidas en esa región (Gerth 1957; Volkheimer 1970, p. 1114).

Estudios recientes (Mpodozis y Forsythe 1983) demostraron, sin embargo, que esas calizas (Caliza Tarlton), como así mismo los depósitos detríticos rítmicos del Complejo Duque de York y los depósitos de lavas basálticas en almohadillas, chert estratificado, calizas detríticas y lutitas del Complejo Denaro, asociados a ellas, corresponden a un terreno ("terrane") exótico acrecionado al continente de Gondwana con anterioridad al Jurásico Superior. Este resultado invalida cualquier tipo de consideración paleoclimática para América del Sur basada en estos organismos fósiles.

Las microfacies marinas calcáreas de la Formación Huentelauquén, conocida en la costa de Chile central a 31° 30' de latitud sur, contienen foraminíferos microsféricos del Carbonífero Superior-Pérmico Inferior (Rivano y Sepúlveda 1983). Estos fósiles forman parte de una asociación fosilífera del tipo Foramol (Rivano y Sepúlveda 1985), la cual es considerada como indicadora de aguas frías a templadas.

En los depósitos del Carbonífero de Chile se han encontrado restos poco abundantes, de *Lepidodendron* y *Sigillaria*. Estas formas se encuentran asociadas en el Hemisferio Norte con *Calamites* y otros helechos y equisetales, y se las considera como elementos característicos de bosques y pantanos, desarrollados probablemente en climas tropicales o subtropicales húmedos. Según Kräusel (1961), se puede admitir, por presentarse en otras regiones conjuntamente con formas xeromórficas e higromórficas, que también pudieron desarrollarse bajo condiciones lluviosas (húmedas) templadas.

En algunos depósitos del Carbonífero y Pérmico Inferior de Argentina coexisten licopodiáceas y *Sigillaria*, que, como ya se mencionó, son formas típicas del Hemisferio Norte, con helechos como *Glossopteris* y *Gangamopteris*, componentes característicos de la denominada "Flora de Gondwana". Estos últimos han sido frecuentemente considerados como evidencia de climas fríos. Kräusel (1961, p. 250) señaló taxativamente que la "Flora Gondwana", no puede ser considerada glacial y es más probable que estas formas hayan prosperado en períodos interglaciales más cálidos. Se ha podido, además, deducir, según este mismo autor, claras diferencias climáticas estacionales a partir del marcado desarrollo de anillos de crecimiento, en algunos ejemplares bien conservados de Kaokoveld en Africa Suroccidental. Un claro desarrollo de anillos en troncos de *Lepidodendron* y *Dadoxylon* fue también observado por Frakes y Crowell (1967) en los depósitos considerados de edad carbonífera de las Islas Malvinas. Estas apreciaciones permiten explicar la aparentemente contradictoria asociación florística recién señalada. Por otra parte, estos antecedentes permiten sugerir también condiciones climáticas lluviosas para el Carbonífero de la región argentina. Volkheimer (1969, p. 559) llegó a conclusiones similares sobre la base de la presencia de abundantes depósitos de carbón en este período en la región occidental de ese país.

Se deduce de estos antecedentes que los organismos fósiles conocidos en los depósitos carboníferos de Chile y Argentina no permiten concluir la existencia de condiciones polares para ese Período.

## ANTECEDENTES PALEOGEOGRAFICOS

El análisis de los antecedentes paleogeográficos disponibles sobre las regiones que conforman la mitad austral de América del Sur permiten reconocer, durante el Paleozoico Superior, tres extensas regiones emergidas: la Protoprecordillera, el Alto de Asunción y la actual región costera de Uruguay y de la provincia de Buenos Aires, las cuales estuvieron bordeadas por cuencas marinas (Charrier, 1986). La Protoprecordillera, estaba ubicada a lo largo del margen pacífico ancestral del continente de Gondwana y tenía una extensión

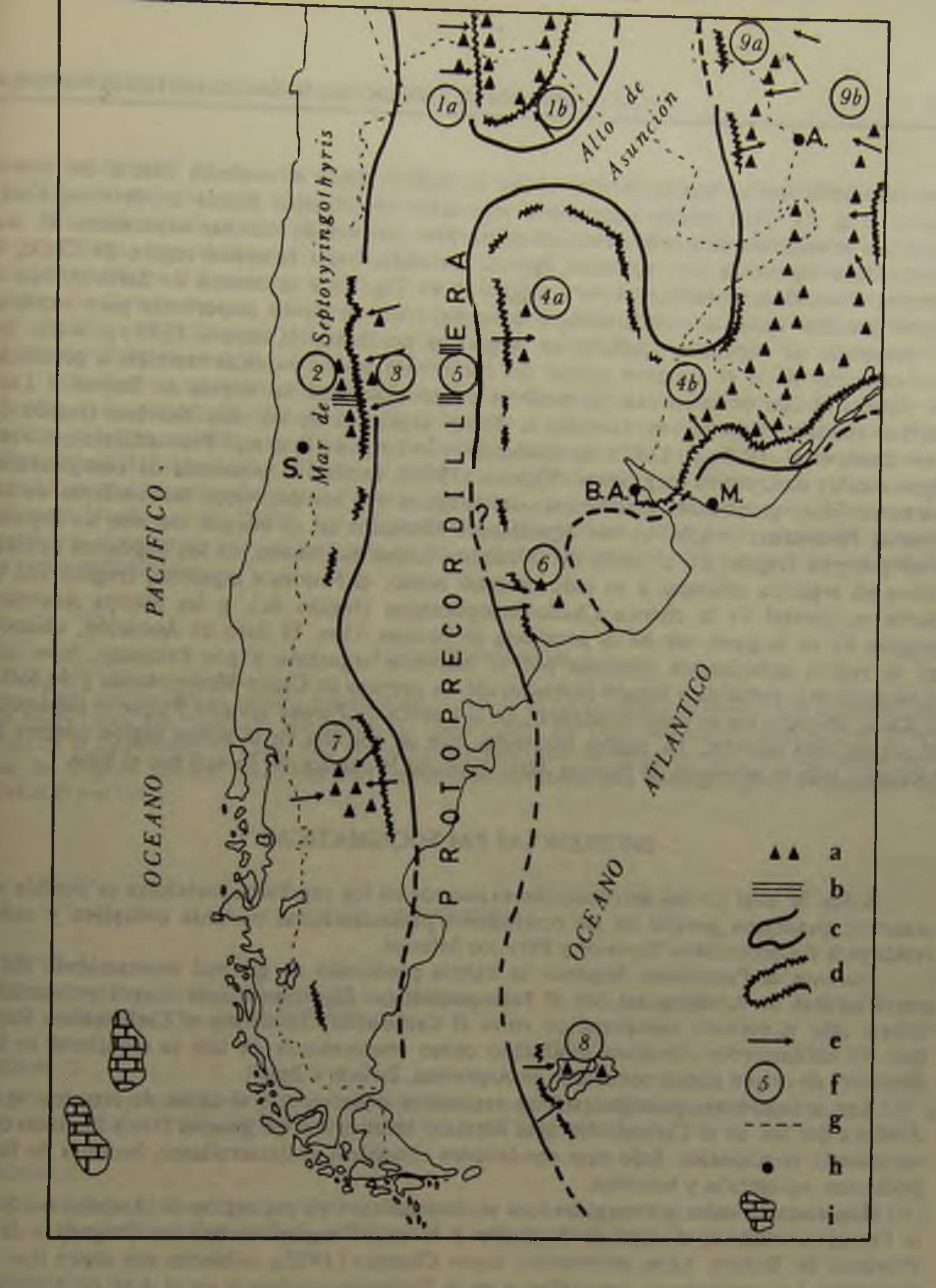



Fig. 2: Reconstrucción paleogeográfica de la mitad austral de América del Sur durante el Carbonífero Superior y Pérmico Inferior, basada en Charrier (1986), con la ubicación de los depósitos considerados de origen glacial. a. diamictitas consideradas de origen glacial, b. depósitos rítmicos interpretados como varves, c. regiones emergidas, d. áreas deprimidas, e. dirección de aporte de los sedimentos, f. región referida en el texto, g. límites internacionales, h. capitales de países, i. plataforma calcárea de Madre de Dios antes de su colisión con el continente de Gondwana.
1. Sierras Subandinas y región de Salta-Bolivia: a. margen occidental, b. margen oriental; 2 y 3. Cordillera Frontal y Precordillera de San Juan y Mendoza; 4. región de Chaco-Mesopotamia: a margen occidental, b. margen oriental; 5. Sierras Pampeanas; 6. Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires; 7. Sierras de Tepuel, Tecka y Languiñeo y región de Esquel, 8. Islas Malvinas, 9. Cuenca del Paraná: a. afloramientos occidentales, b. afloramientos orientales.

que alcanzaba desde, por lo menos, el sur de Bolivia hasta el extremo austral del continente (Fig. 2). Este cordón montañoso representó la principal fuente de detritos, tanto para sus propias cuencas intramontanas como para las cuencas marinas adyacentes: el mar de *Septosyringothyris* (1), al Oeste, que se extendía hacia la actual región de Chile, la cuenca Chaco-Mesopotámica al Este (región 4 en Fig. 2) y la cuenca de Salta-Bolivia al Norte (región 1). Esta paleocordillera constituye un elemento importante para explicar la presencia de depósitos glaciales en Argentina occidental (Caminos 1979, p. 445). Su prolongación hacia el extremo austral del continente podría explicar también la presencia de depósitos con componentes de posibles origen glacial en las sierras de Tepuel y Languiñeo (región 7) y, tal vez, también la de los depósitos de las islas Malvinas (región 8) (ver Lesta *et al.* 1979, p. 1321). Su ubicación a lo largo de la actual Precordillera o tal vez algo más al este, como lo propuso Vicente (1975), explica la presencia de componentes metamórficos, granitoides y sedimentarios antiguos en: los depósitos carboníferos de las Sierras Pampeanas (región 5), los depósitos acumulados en el margen del mar de *Septossyringothyris* (región 2), al oeste de la cadena, como así mismo, en los depósitos acumulados en regiones ubicadas a su lado oriental como: el Noroeste argentino (región 1a), la parte occidental de la cuenca Chaco-Mesopotámica (región 4a), y las Sierras Australes (región 6) en la parte sur de la provincia de Buenos Aires. El Alto de Asunción, ubicado en la región actualmente ocupada por el Noroeste argentino y por Paraguay, tuvo una extensión más reducida y separó parcialmente las cuencas de Chaco-Mesopotamia y de Salta-Bolivia, ubicadas en su lado occidental, de la cuenca de Paraná (región 9),que se desarrolló hacia su lado oriental. La región emergida, que se ubicaba en la actual región costera de Uruguay y de la provincia de Buenos Aires, limitaba la cuenca del Paraná por el Este.

## INFERENCIAS PALEOCLIMATICAS

Sobre la base de los antecedentes expuestos en los capítulos anteriores es posible recrear un panorama general de las condiciones paleoclimáticas bastante completo y coherente para el Carbonífero Superior y Pérmico Inferior.

Durante el Paleozoico Superior se habría producido un gradual acercamiento de la parte austral de América del Sur al Polo magnético. El momento de mayor proximidad habría sido el período comprendido entre el Carbonífero Inferior y el Carbonífero Superior. El enfriamiento climático producido como consecuencia de ello se manifestó en los depósitos de origen glacial conocidos en Argentina, Bolivia y Brasil.

Los antecedentes paleogeográficos regionales sugieren que el clima de esta región de América del Sur en el Carbonífero y el Pérmico Inferior fue en general frío y húmedo con variaciones estacionales. Bajo esas condiciones climáticas se desarrollaron bosques de licopodiáceas, equisetales y helechos.

Las áreas elevadas y emergidas que se desarrollaron en esa región de América del Sur: la Protoprecordillera, el Alto de Asunción y la actual región costera de Uruguay y de la Provincia de Buenos Aires, estuvieron, según Charrier (1986), cubiertas por algún tipo de glaciación. Las glaciaciones desarrolladas en la Protoprecordillera y en el Alto de Asunción debieron ser de montaña, mientras que aquella que cubrió la actual región costera de Uruguay y de la Provincia de Buenos Aires debió ser de tipo polar y debió corresponder al margen de la extensa corteza glacial gondwánica, que tuvo su centro en el Sur de Africa. La

(1) Se denomina en este texto mar de *Septosyringothyris* al área geográfica del borde del continente de Gondwana cubierta por el mar durante el Carbonífero y Pérmico a pesar de que el fósil *Septosyringothyris* sólo es conocido durante el Carbonífero Inferior.

región occidental de esta parte de América del Sur no habría estado, en consecuencia, recubierta enteramente por una calota glaciar.

En este marco general es posible deducir algunas diferencias paleoclimáticas. La Protoprecordillera, por su ubicación en el borde occidental del continente, debió detener los vientos provenientes del océano, separando con ello dos dominios climáticos diferentes en esta región de Gondwana: un dominio costero con condiciones climáticas más benignas y lluviosas debido a la influencia del mar y un dominio oriental más seco, de tipo continental, al interior del continente.

Los vientos húmedos debieron descargar su humedad en la Protoprecordillera favoreciendo el desarrollo de abundantes glaciares que descendieron por ambas vertientes de la cadena y la acumulación, en las cuencas intramontanas continentales y las cuencas marinas adyacentes, de abundantes depósitos glaciales, fluvioglaciales, glaciolacustres y glaciomarinos. Algunos de estos depósitos habrían sido afectados por intensos procesos de remoción en masa (Frakes *et al.* 1969), los cuales habrían alterado las propiedades originales de estos depósitos de manera que, en numerosos casos, el reconocimiento de su origen glacial presenta serias dificultades.

## AGRADECIMIENTOS

Parte del trabajo de terreno que permitió el análisis de los depósitos de brecha de la región costera del Norte Chico fue financiado con fondos del Grant E-1300 del Departamento de Investigación y Bibliotecas de la Universidad de Chile. Esta investigación forma parte del Proyecto No 211: "Paleozoico Superior de América del Sur" del Programa Internacional de Correlación Geológica (IGCP) financiado por UNESCO y el IUGS.

## REFERENCIAS

CAMINOS, R.
1979 Cordillera Frontal. In: Geología Regional Argentina (A. F. Leanza, edit.), V. 1, p. 397-453, Academia Nac. Ciencias Córdoba, Córdoba.

CECIONI, G.
1955 Prime notizie sopra l'esistenze del Paleozoico superiore nell'Arcipelago Patagonico tra 50° y 52°S. Soc. Toscana Sci. Natur. Atti, Mem. 62, ser. A, p. 201-224.

CECIONI, G.
1981a Triassic El Toco Group, Atacama Desert, Chile. In: Earth's pre-Pleistocene Glacial Record (M.J. Hambrey and W. B. Harland, edits.), p. 837, Cambridge Univ. Press, Cambridge.

CECIONI, G.
1981b. Late Paleozoic diamictites of rio Choapa, coastal Central Chile. In: Earth's pre-Pleistocene Glacial Record (M. J. Hambrey and W. B. Harland, edits.), p. 857, Cambridge Univ. Press, Cambridge.

CECIONI, G.
1981c. Carboniferous or Triassic diamictites in Aconcagua Province, coastal Central Chile. In: Earth's pre-Pleistocene Glacial Record (M. J. Hambrey and W. B. Harland, edits.), p. 858, Cambridge Univ. Press, Cambridge.

CHARRIER, R.

1982 Antecedentes geológicos, paleomagnéticos y paleoclimáticos en relación con una Glaciación Gondwánica en Chile Central: Actas Quinto Congreso Latinoamericano de Geología, Tomo II, p. 441-456, Argentina.

CHARRIER, R.

1986 The Gondwana Glaciation in Chile: description of alleged glacial deposits and paleogeographic conditions bearing on the extension of the ice cover in Southern South America: Palaeogeography, Palaeoecology, Palaeoclimatology, V. 56, p. 151-175.

CHARRIER, R. y CASTRO, C.

En prep. Composición, fábrica y origen de las brechas de Puerto Manso, IV Región, Chile. Comunicaciones, Depto. de Geología, Univ. de Chile.

FRAKES, L. A. y CROWELL, J. C.

1967 Facies and paleogeography of Late Paleozoic Diamictite, Falkland Island. Geol. Soc. America Bull., V. 78, N° 1, p. 37-57.

FRAKES, L.A. y CROWELL, J. C.

1969 Late Paleozoic glaciation: I; South America. Geol. Society of América Bull., V. 80, p. 6, p. 1007-1042.

FRAKES, L.A., AMOS, A.J. y CROWELL, J.C.

1969 Origen and Stratigraphy of Late Paleozoic diamictites in Argentina and Bolivia. 1st Symp. Gondwana Stratigraphy (Mar del Plata) Unesco, Earth Sci. 2, p. 821-843.

GERTH, H.

1957 Das Vorkommen von permokarbonischen Fusulinenkalken im westpatagonischen Archipel und seine paläogeographische und paläoklimatologische Bedeutung: Zeitsch d. deutschen geol. Gessech., V. 109, N° 1, p. 193-198, Hannover.

KRAUSEL, R.

1961 Paleobotanical evidence of climate. In: Descriptive Paleoclimatology (A.E.M. Nairn, edit.) Interscience Publ. Ltd., p. 227-254, Londres.

LESTA, P., FERELLO, R. y CHEBLI, G.

1979 Chubut Extraandino. In: Geología Regional Argentina, V. 2, p. 1307-1387, Acad. Nac. Ciencias, Córdoba.

MAASS, R.

1970 Die "Tillite" vom Rio Choapa: einzige Zeugen der permokarbonen Eiszeit in Chile: Z. deutsch. Geol. Ges., V. 121, p. 187-195, Hannover.

MILLER, H.

1970 Vergleichende Studien an prämesozoischen Gesteinen Chiles unter besonderer Berücksichtigung ihrer Kleintektonik. Geotektonische Forschungen, H. 36, p. 1-64, Stuttgart.

MPODOZIS, A.C. y FORSYTHE, R.

1983 Stratigraphy and geochemistry of accreted fragments of the ancestral Pacific floor in southern South America. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., V. 41, p. 103-124, Amsterdam.